

- The periodical inspection of the blast furnace refractory using the AU-E technique not only provides “snapshot” image of the current condition, but also shows the deterioration rate and critical locations vulnerable to wear. Such results are frequently used for maintenance scheduling and process improvement.

References

1. Van Laar F. Iron Making Refractories: An Overview Based on Daily Operation and Successful Maintenance // 20th Blast Furnace Ironmaking, An Intense Course, Vol. 1, Principles, Design and Raw Materials (May 2008), McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada. 2008.
2. Roldan D., Zhang Y., Deshpande R., Huang D., Chaubal P., Zhou C. 3-D CFD Analysis for Furnace Hearth Wear // Association for Iron and Steel Technology (AISTech) Annual Conference (May 1–4). 2006. Vol. II, Cleveland, Ohio, USA, pp. 167–176.
3. Sadri A. Blast Furnace Non-destructive Testing (NDT) for Defect Detection and Refractory Thickness Measurements // Association for Iron and Steel Technology (AISTech) Annual Conference (May 1–4). 2006. Vol. II, Cleveland, Ohio, USA, pp. 593–602.
4. Sadri A. Non-destructive determination of refractory and build-up thickness in operating furnaces using an acousto ultrasonic reflection technique // Material Degradation: Innovation, Inspection, Control and Rehabilitation, 44th Annual Conference of Metallurgists of CIM 2005, Calgary, Alberta, Canada. Edited by G.P. Gu, M. Elboudjaini and A. Alfantazi, pp. 371–385, MetSoc.
5. Sadri A., Marinelli P., Doro E., Gebiski P., Rampersad A. Comparing the Accuracy of Acousto Ultrasonic-Echo (NDT), Finite Element Analysis (FEA), and Drilling When Obtaining a Blast Furnace Refractory Lining Wear Profile // Association for Iron and Steel Technology (AISTech) Annual Conference 2009, St. Louis, Mo (May 4–7). 2009. Vol. I, USA, pp. 272–287.

УДК 669.014

И. С. Берсенеv*, С. Н. Евстюгин*, Е. А. Подковыркин,
Ю. С. Жуков***, В. Н. Щеглов*****

*ООО «НПВП «ТОРЭКС», г. Екатеринбург, Россия,

**ОАО «ВНИИМТ», г. Екатеринбург, Россия,

***ООО «Евраз-холдинг», г. Москва, Россия

ОСОБЕННОСТИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ ИЗ ВЫСОКОСЕРНИСТЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В ПЕРЕСЫПАЮЩЕМСЯ СЛОЕ

Аннотация

Проведены лабораторные исследования процесса десульфурации окатышей из высокосернистого концентрата (содержание серы более 1 %) в пересыпающемся слое. Установлено, что наиболее мощным фактором, влияющим на полноту десульфурации служит температура обжига.

Ключевые слова: обжиг, окатыши, пересыпающийся слой, десульфурация, трубчатая печь, прочность

Abstract

Laboratory investigations of the process of desulfurization pellets of high-sulphur concentrate of iron ores (sulfur content more than 1 %) in rotary kiln. It is established that the most powerful factor affecting the completeness desulfurization is roasting temperature.

Keywords: roasting, pellets, rotary kiln, sulfur removal, strength

Получение кондиционных железорудных окатышей из сернистых концентратов является важной задачей, поскольку позволяет снизить дефицит рудного сырья. И если для материалов с содержанием серы до 0,5 % эта задача решена, то для высокосернистых концентратов, содержащих более 1 % серы, особенности десульфурации практически не изучены. Это осложняет вовлечение в металлургический оборот новых месторождений (например, Таежное, Десовское и другие). Обжиг железорудных окатышей, кроме конвейерной обжиговой машины, возможно организовать на комбинированных установках типа «решетка – трубчатая печь – охладитель». Обжиговые комбинированные установки «решетка – трубчатая печь – охладитель» по сравнению с конвейерными машинами обладают рядом преимуществ, что по мере вовлечения в процесс трудноперерабатываемых концентратов с большим содержанием вредных примесей и высокой конечной температурой обжига может оказаться решающим фактором для выбора определенного обжигового агрегата [1].

К таким преимуществам следует отнести:

- снижение ограничений по стойкости оборудования в высокотемпературной области обработки;
- равномерность термообработки материала;
- высокая степень удаления вредных примесей, отсюда более высокое качество продукции.

Для реализации технологий обжига высокосернистых окатышей в установке «решетка – трубчатая печь – охладитель» необходима информация об особенности их десульфурации, исследование которых составляет цель данной работы.

Для достижения поставленной цели был использован метод физического моделирования. Методика исследования изложена в работе [2]. Обжиг в печи проводился при условии сжигания природного газа с коэффициентом избытка воздуха α больше единицы, то есть в окислительной атмосфере.

В качестве объекта исследований выбраны железорудные окатыши из концентрата мокрого магнитного обогащения следующего состава (%): $\text{Fe}_{\text{общ}}$ – 66,2; FeO – 27,5; SiO_2 – 2,66; Al_2O_3 – 0,94; CaO – 0,16; MgO – 3,06; MnO – 0,12; TiO_2 – 0,12; S – 1,41; ПмПП – 0,39. Сера в концентрате представлена (масс. %): пирит – 54,69; пирротин – 44,90; сульфаты – 0,41. Содержание класса +0,071 мм – 6,6 %. В качестве связующего был использован Хакасский бентонит в количестве 7 кг на тонну шихты. Из указанных материалов была получена проба сырых окатышей влажностью 8,5 % и прочностью 11 Н/окатыш.

Для исследования процесса обжига окатышей в соответствии с технологией производства на установках «решетка – трубчатая печь – охладитель» обработку окатышей проводили в следующем порядке:

- сушку и подогрев до температуры перегрузки во вращающуюся печь – на колосниковой решетке (по принципу «аглочаши»);
- окончательный обжиг – во вращающейся печи;
- охлаждение подачи вентиляторного воздуха.

В процессе опытов производили замер температуры материала оптическим цифровым пирометром, хромель-алюмелевыми открытыми термопарами и отбор проб окатышей.

Сушку окатышей производили при высоте слоя 160 мм. Температура теплоносителя в сушке составляла 370 °С при удельном расходе тепла 650 кДж/кг. Длительность процесса сушки составляла 4–5 минут. По показателям скорости нагрева на колосниковой решетке интенсивность нагрева примерно в два раза превышает показатели конвейерных машин, что связано с сушкой слоя окатышей только прососом (без реверса) теплоносителя. Далее производился нагрев окатышей в течение 4–5 минут при температуре 1200 °С.

По данным опытов температура окатышей после подогрева составила: в верхнем горизонте слоя 1000–1150 °С, в нижнем горизонте слоя 600–650 °С. Результаты замеров прочности окатышей и содержания серы после предварительного нагрева приведены в таблице. Для сравнения, приведены данные об аналогичных показателях для окатышей, полученных в трубчатой печи Полтавского ГОКа (ПГОК).

Показатели подогрева слоя

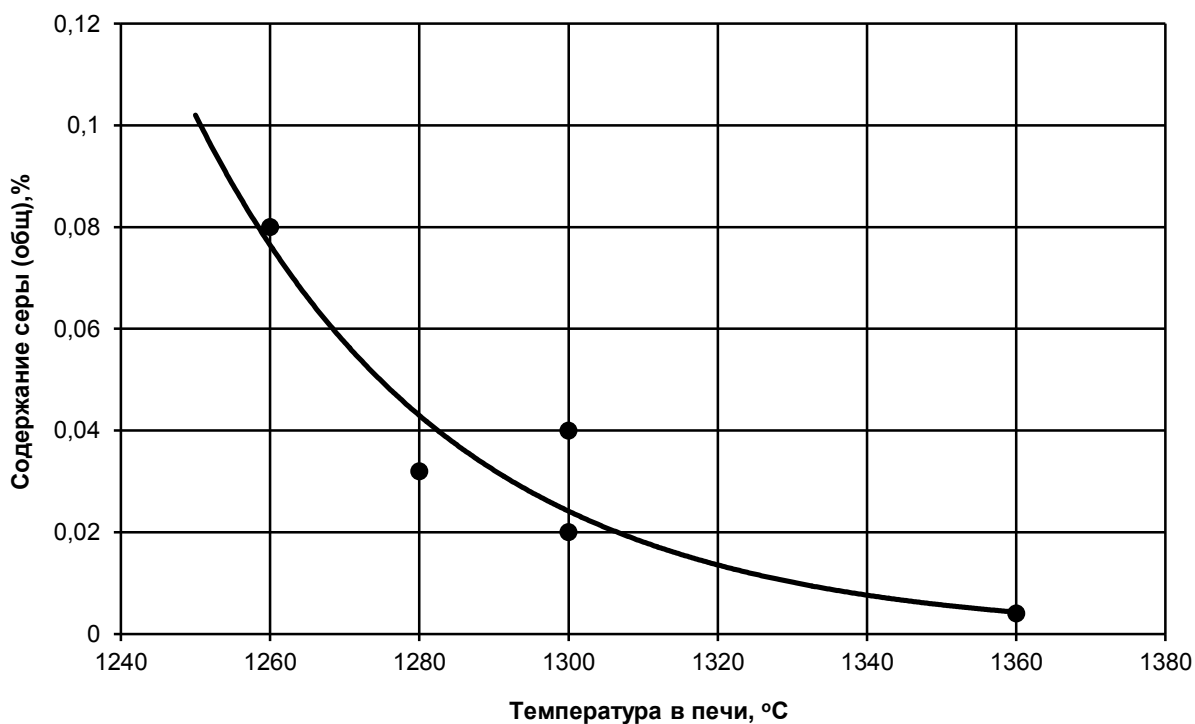
| Прочность окатышей, кН/ок | | Содержание серы, % | |
|---------------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Опытные данные | Окатыши ПГОК | Опытные данные | Окатыши ПГОК |
| 0,16–0,27 | 0,12–0,38 | 0,35–0,5 | - |

По данным химического анализа начальное содержание серы в концентрате составляло 1,15 %. В течение подогрева происходит заметное снижение содержания серы, примерно на 56–70 %, оставшееся количество серы должно удаляться в обжиговой вращающейся печи.

После подогрева окатыши загружаются во вращающуюся печь, где происходит их обжиг в течение 25–30 минут при температуре 1300–1350 °С. На рисунке приведена зависимость содержания серы в окатышах от температуры обжига. Как видно из приведенных данных, с увеличением температуры обжига происходит выгорание серы, ее концентрация в окатышах снижается, особенно это заметно в интервале температур 1260–1300 °С.

Минимальное содержание серы в окатышах составило 0,004 % при температуре обжига 1360 °С. Начальная точка отсчета содержания серы была принята при температуре обжига 1260 °С в предположении, что при этой температуре окатыши будут иметь требуемую прочность. При увеличении продолжительности обжига окатышей с 30 минут до 60 минут и температуре 1300 °С содержание серы снизилось с 0,04 до 0,035 %. Это подтверждает, что решающую роль в удалении серы играет температура обжига, а не время.

К сожалению, при обжиге окатышей во вращающейся печи прочность составила не более 1,3 кН/ок, что не соответствует современным требованиям к железорудным окатышам. Поэтому необходима разработка новых режимов обжига, обеспечивающих достижения обоих указанных параметров качества, что составляет цель дальнейших исследований авторов.



Изменение содержания серы в окатышах от температуры в печи,
продолжительность обжига 30 мин

Выводы

Эффективная десульфурация окатышей из высокосернистых железорудных концентратов в пересыпающемся слое возможна, при этом определяющим параметром, максимально влияющим на удаление серы, является температура. С ростом температуры происходит удаление серы – при 1260 °C концентрация серы в окатышах равна 0,08 %, а при 1360 °C – 0,004 %.

Список использованных источников

1. Юсфин Ю. С., Базилевич Т. Н. Обжиг железорудных окатышей. М.: Metallurgy, 1973. 272 с.
2. Баков А. В., Горбачев В. А., Коршунова Н. Г., Подковыркин Е. Г., Усольцев Д. Ю. Экспериментальное исследование металлизации железорудных окатышей во вращающейся печи // Сталь. 2008. №12. С. 40–43.